

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-044847
(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl. H03M 7/30
G10L 19/00
H04N 7/30

(21)Application number : 2000-147022
(22)Date of filing : 18.05.2000

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
(72)Inventor : MORIYA TAKEHIRO
IWAGAMI NAOKI
JIN AKIO
MORI TAKESHI
CHIKIRA KAZUAKI

(30)Priority

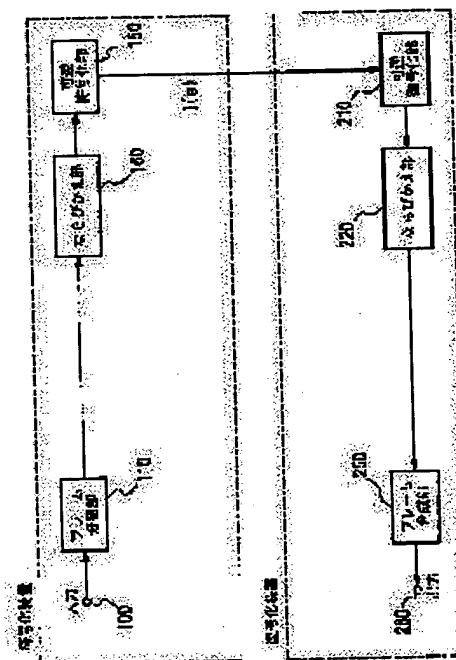
Priority number : 11141653 Priority date : 21.05.1999 Priority country : JP

(54) REVERSIBLE CODING METHOD, REVERSIBLE DECODING METHOD, SYSTEM ADOPTING THE METHODS AND EACH PROGRAM RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compress a digital input signal at a high compression rate and to completely reproduce the signal.

SOLUTION: This reversible coding method includes a process, where a digital input signal is converted into a bit stream in a code absolute value expression for each frame, a process where the bit stream is separated into each bit (110), a process where the bits are connected by each bit position in time sequence (160), and a process where reversible coding is applied to each bit stream obtained by the connection (150). The reversible decoding method includes a process, where reversible decoding is applied to each frame of reversible coding series (210), a process where each bit obtained by the reversible decoding is separated into respective bits, a process where each bit is connected by each same time in the order of bit location (220), and a process where frames obtained by the connection are connected sequentially (250).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3406275

[Date of registration] 07.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-44847
(P 2 0 0 1 - 4 4 8 4 7 A)
(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int. Cl.⁷ 識別記号
H03M 7/30
G10L 19/00
H04N 7/30

F I
H03M 7/30 Z
G10L 9/18 E
H04N 7/133 M
Z

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数34 O L (全18頁)

(21) 出願番号 特願2000-147022 (P 2000-147022)
(22) 出願日 平成12年5月18日 (2000.5.18)
(31) 優先権主張番号 特願平11-141653
(32) 優先日 平成11年5月21日 (1999.5.21)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(72) 発明者 守谷 健弘
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 岩上 直樹
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武

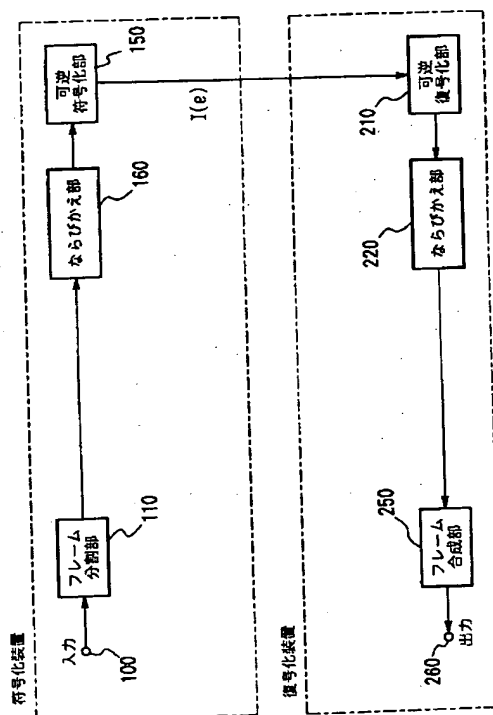
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可逆符号化方法、可逆復号化方法、これらの装置及びその各プログラム記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 デジタル入力信号を高い圧縮効率で圧縮し、かつ完全に再現すること。

【解決手段】 本発明の可逆符号化方法は、デジタル入力信号をフレーム毎に符号絶対値表現のビット列に変換する過程と、前記ビット列を個々のビットに分解する過程と、各ビットをビット位置毎に時刻順に連結する過程と、連結によって得られた各ビット列を可逆符号化する過程とを有することを特徴とする。一方、本発明の可逆復号化方法は、可逆符号化系列をフレーム毎に可逆復号化する過程と、可逆復号化によって得られた各ビット列を個々のビットに分解する過程と、各ビットを同一時刻毎にビット位置順に連結する過程と、連結によって得られたフレームを順次連結する過程とを有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル入力信号をフレーム毎に符号絶対値表現のビット列に変換する過程と、

前記ビット列を個々のビットに分解する過程と、

分解によって生じたビットを、少なくとも1つのビット位置毎に、時刻順に連結する過程と、

連結によって得られた各ビット列を可逆符号化する過程とを有することを特徴とする可逆符号化方法。

【請求項2】 可逆符号化系列をフレーム毎に可逆復号化する過程と、

可逆復号化によって得られた各ビット列を個々のビットに分解する過程と、

各ビットを同一時刻毎にビット位置順に連結する過程と、

連結によって得られたフレームを順次連結する過程とを有することを特徴とする可逆復号化方法。

【請求項3】 デジタル入力信号をフレーム毎に非可逆量子化することによって符号系列を生成する過程と、前記符号系列をフレーム毎に量子化することによって量子化信号を生成する過程と、

前記入力信号と前記量子化信号との誤差信号を算出する過程と、

前記誤差信号の振幅値を2進表示してビットごとに分解する過程と、

前記2進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する過程と、

前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する過程とを有することを特徴とする可逆符号化方法。

【請求項4】 デジタル入力信号をフレーム毎に非可逆量子化することによって符号系列を生成する過程と、前記符号系列をフレーム毎に量子化することによって量子化信号を生成する過程と、

前記入力信号と前記量子化信号との誤差信号を算出する過程と、

前記デジタル入力信号と前記誤差信号とのいずれかを選択出力する過程と、

選択出力された信号の振幅値を2進表示してビットごとに分解する過程と、

前記2進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する過程と、

前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する過程とを有することを特徴とする可逆符号化方法。

【請求項5】 デジタル入力信号の上位tビットを可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する過程と、

前記デジタル入力信号の残りのビットを上位方向へtビット算術シフトする過程と、

上位方向へtビット算術シフトされたデジタル入力信

号をフレーム毎に非可逆量子化することによって符号系列を生成する過程と、

前記符号系列をフレーム毎に逆量子化することによって逆量子化信号を生成する過程と、

前記逆量子化信号の振幅の絶対値部分の下位tビットを四捨五入する過程と、

四捨五入された逆量子化信号を下位方向へtビット算術シフトする過程と、

前記入力信号と下位方向へtビット算術シフトされた前記逆量子化信号との誤差信号を算出する過程と、

前記誤差信号の振幅値を2進表示してビットごとに分解する過程と、

前記2進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する過程と、

前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する過程とを有することを特徴とする可逆符号化方法。

【請求項6】 前記符号系列を生成する過程は、複数種類の非可逆量子化方法の中から1つの方法を選択し、選択された方法で非可逆量子化を行うことを特徴とする請求項3から請求項5のいずれかに記載の可逆符号化方法。

【請求項7】 前記符号系列を生成する過程は、前記入力信号を変換符号化方法により符号化することによって前記符号系列を得る過程であることを特徴とする請求項3から請求項5のいずれかに記載の可逆符号化方法。

【請求項8】 前記符号系列を生成する過程は、前記入力信号を周波数 f_1, f_2, \dots, f_{n-1} ($f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$; f_n は前記入力信号の最高周波数)のn個の区分(nは2以上の整数)に分割して符号化する過程であって、

前記入力信号から周波数が f_1 以下の第1帯域信号を選出する第1帯域選択過程と、

前記第1帯域信号を第1符号化方法で符号化することによって第1符号を生成する第1符号化過程と、

第1-i以下の各符号($i=2, 3, \dots, n$)から周波数 f_{i-1} 以下の第i-1復号信号を得る第i-1帯域復号化過程と、

前記入力信号から周波数が f_i 以下の第i帯域信号を選出する第i帯域選択過程と、

前記第i帯域信号から前記第i-1復号信号を差し引くことによって第i差信号を得る第i差過程と、

前記第i差信号を第i符号化方法で符号化することによって第i符号を生成する第i符号化過程と、

前記第n以下の各符号($i=2, 3, \dots, n$)から最高周波数 f_n 以下の第n復号信号を得ることによって前記量子化信号を得る過程とを有することを特徴とする請求項3から請求項5のいずれかに記載の可逆符号化方法。

【請求項9】 前記第i符号化方法($i=1, 2, \dots$,

n) は何れも変換符号化方法であることを特徴とする請求項 8 記載の可逆符号化方法。

【請求項 10】 符号系列と可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する方法であって、前記可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する過程と、前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する過程と、前記符号系列を量子化信号に復号する過程と、前記時系列と前記量子化信号を加算することによって前記デジタル信号を生成する過程と、を有する可逆復号化方法。

【請求項 11】 符号系列と可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する方法であって、前記可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する過程と、前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する過程と、前記符号系列を量子化信号に復号する過程と、前記時系列と前記量子化信号を加算することによって前記デジタル信号を生成する過程と、前記デジタル信号を生成する過程を実行する代わりに、前記時系列をそのままデジタル信号とすることを有する可逆復号化方法。

【請求項 12】 符号系列と第 1 の可逆圧縮系列と第 2 の可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する方法であって、前記第 1 の可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する過程と、前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する過程と、前記符号系列を下位方向へ t ビット算術シフトする過程と、下位方向へ t ビット算術シフトされた前記符号系列を量子化信号に復号する過程と、前記時系列と前記量子化信号とを加算する過程と、前記第 2 の可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号する過程と、可逆復号された前記第 2 の可逆圧縮系列を、前記時系列と前記量子化信号との加算結果の上位ビット側に連結する過程とを有する可逆復号化方法。

【請求項 13】 前記符号系列を量子化信号に復号する過程は、複数種類の逆量子化方法の中から 1 つの方法を選択し、選択された方法で復号することを特徴とする請

求項 10 から請求項 12 のいずれかに記載の可逆復号化方法。

【請求項 14】 前記量子化信号を復号する過程は、前記入力符号系列を変換復号化方法により復号することによって前記量子化信号を得る過程であることを特徴とする請求項 10 から請求項 12 のいずれかに記載の可逆復号化方法。

【請求項 15】 前記量子化信号を復号する過程は、前記入力符号系列を第 1 乃至第 m 符号 (m は 2 以上の自然数) に分離する過程と、前記第 i 符号 ($i = 1, 2, \dots, m$) を第 i 復号化方法により復号することによって、周波数が f_i 以下の第 i 復号信号を生成する第 i 復号過程と、前記第 1 復号信号乃至第 m 復号信号を加算することによって前記量子化信号を生成する過程とを有することを特徴とする請求項 10 から請求項 12 のいずれかに記載の可逆復号化方法。

【請求項 16】 前記第 i 復号化方法 ($i = 1, 2, \dots, m$) は何れも変換復号化方法であることを特徴とする請求項 15 記載の可逆復号化方法。

【請求項 17】 デジタル入力信号をフレーム毎に符号絶対値表現のビット列に変換する手段と、前記ビット列を個々のビットに分解する手段と、分解によって生じたビットを、少なくとも 1 つのビット位置毎に、時刻順に連結する手段と、連結によって得られた各ビット列を可逆符号化する手段とを有することを特徴とする可逆符号化装置。

【請求項 18】 可逆符号化系列をフレーム毎に可逆復号化する手段と、可逆復号化によって得られた各ビット列を個々のビットに分解する手段と、各ビットを同一時刻毎にビット位置順に連結する手段と、連結によって得られたフレームを順次連結する手段とを有することを特徴とする可逆復号化装置。

【請求項 19】 デジタル入力信号をフレーム毎に非可逆量子化することによって符号系列を生成する手段と、前記符号系列をフレーム毎に量子化することによって量子化信号を生成する手段と、前記入力信号と前記量子化信号との誤差信号を算出する手段と、前記誤差信号の振幅値を 2 進表示してビットごとに分解する手段と、前記 2 進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する手段と、前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する手段とを有することを特徴とする可逆符号化装置。

【請求項 20】 デジタル入力信号をフレーム毎に非

可逆量子化することによって符号系列を生成する手段と、
 前記符号系列をフレーム毎に量子化することによって量子化信号を生成する手段と、
 前記入力信号と前記量子化信号との誤差信号を算出する手段と、
 前記デジタル入力信号と前記誤差信号とのいずれかを選択出力する手段と、
 選択出力された信号の振幅値を2進表示してビットごとに分解する手段と、
 前記2進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する手段と、
 前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する手段とを有することを特徴とする可逆符号化装置。

【請求項21】 デジタル入力信号の上位 t ビットを可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する手段と、
 前記デジタル入力信号の残りのビットを上位方向へ t ビット算術シフトする手段と、
 上位方向へ t ビット算術シフトされたデジタル入力信号をフレーム毎に非可逆量子化することによって符号系列を生成する手段と、
 前記符号系列をフレーム毎に逆量子化することによって逆量子化信号を生成する手段と、
 前記逆量子化信号の振幅の絶対値部分の下位 t ビットを四捨五入する手段と、
 四捨五入された逆量子化信号を下位方向へ t ビット算術シフトする手段と、
 前記入力信号と下位方向へ t ビット算術シフトされた前記逆量子化信号との誤差信号を算出する手段と、
 前記誤差信号の振幅値を2進表示してビットごとに分解する手段と、
 前記2進表示分解信号の隣接するサンプルを時刻順になげることによって時系列を生成する手段と、
 前記時系列を可逆圧縮することによって可逆圧縮化系列を生成する手段とを有することを特徴とする可逆符号化装置。

【請求項22】 前記符号系列を生成する手段は、複数種類の非可逆量子化方法の中から1つの方法を選択し、選択された方法で非可逆量子化を行うことを特徴とする請求項19から請求項21のいずれかに記載の可逆符号化装置。

【請求項23】 前記符号系列を生成する手段は、前記入力信号を変換符号化方法により符号化することによって前記符号系列を得る手段であることを特徴とする請求項19から請求項21のいずれかに記載の可逆符号化装置。

【請求項24】 前記符号系列を生成する手段は、前記入力信号を周波数 f_1, f_2, \dots, f_{n-1} (f

$1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$; f_n は前記入力信号の最高周波数) の n 個の区分(n は2以上の整数) に分割して符号化する手段であって、
 前記入力信号から周波数が f_1 以下の第1帯域信号を選出する第1帯域選択手段と、
 前記第1帯域信号を第1符号化方法で符号化することによって第1符号を生成する第1符号化手段と、
 第 $1-i$ 以下の各符号($i=2, 3, \dots, n$)から周波数 f_{i-1} 以下の第 $i-1$ 復号信号を得る第 $i-1$ 帯域復号化手段と、

10 前記入力信号から周波数が f_i 以下の第 i 帯域信号を選出する第 i 帯域選択手段と、
 前記第 i 帯域信号から前記第 $i-1$ 復号信号を差し引くことによって第 i 差信号を得る第 i 差手段と、
 前記第 i 差信号を第 i 符号化方法で符号化することによって第 i 符号を生成する第 i 符号化手段と、
 前記第 n 以下の各符号($i=2, 3, \dots, n$)から最高周波数 f_n 以下の第 n 復号信号を得ることによって前記量子化信号を得る手段とを有することを特徴とする請求項19から請求項21のいずれかに記載の可逆符号化装置。

【請求項25】 前記第 i 符号化方法($i=1, 2, \dots, n$)は何れも変換符号化方法であることを特徴とする請求項24記載の可逆符号化装置。

【請求項26】 符号系列と可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する装置であって、
 前記可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する手段と、
 前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する手段と、
 前記符号系列を量子化信号に復号する手段と、
 前記時系列と前記量子化信号を加算することによって前記デジタル信号を生成する手段と、
 を有する可逆復号化装置。

【請求項27】 符号系列と可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する装置であって、
 前記可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する手段と、
 前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する手段と、
 前記符号系列を量子化信号に復号する手段と、
 前記時系列と前記量子化信号を加算することによって前記デジタル信号を生成する手段と、
 前記デジタル信号を生成する手段を実行する代わりに、前記時系列をそのままデジタル信号とすることを
 50 行する手段とを有する可逆復号化装置。

【請求項28】 符号系列と第1の可逆圧縮系列と第2の可逆圧縮系列とが入力されてデジタル信号を復号化する装置であって、

前記第1の可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号することによって変換時系列を生成する手段と、

前記変換時系列をフレーム長ごとに先頭ビットを揃えて並列にならべて、その並列にならべた同一番目のビットによりそれぞれサンプルを構成するサンプル系列を時系列として生成する手段と、

前記符号系列を下位方向へ t ビット算術シフトする手段と、

下位方向へ t ビット算術シフトされた前記符号系列を量子化信号に復号する手段と、

前記時系列と前記量子化信号とを加算する手段と、

前記第2の可逆圧縮系列をフレームごとに可逆復号する手段と、

可逆復号された前記第2の可逆圧縮系列を、前記時系列と前記量子化信号との加算結果の上位ビット側に連結する手段とを有する可逆復号化装置。

【請求項29】 前記符号系列を量子化信号に復号する手段は、複数種類の逆量子化方法の中から1つの方法を選択し、選択された方法で復号することを特徴とする請求項26から請求項28のいずれかに記載の可逆復号化装置。

【請求項30】 前記量子化信号を復号する手段は、前記入力符号系列を変換復号化方法により復号することによって前記量子化信号を得る手段であることを特徴とする請求項26から請求項28のいずれかに記載の可逆復号化装置。

【請求項31】 前記量子化信号を復号する手段は、前記入力符号系列を第1乃至第 m 符号(m は2以上の自然数)に分離する手段と、

前記第 i 符号($i=1, 2, \dots, m$)を第 i 復号化方法により復号することによって、周波数が f_i 以下の第 i 復号信号を生成する第 i 復号手段と、

前記第1復号信号乃至第 m 復号信号を加算することによって前記量子化信号を生成する手段とを有することを特徴とする請求項26から請求項28のいずれかに記載の可逆復号化装置。

【請求項32】 前記第 i 復号化方法($i=1, 2, \dots, m$)は何れも変換復号化方法であることを特徴とする請求項31記載の可逆復号化装置。

【請求項33】 請求項1, 3~9の何れかに記載の可逆符号化方法の各過程をコンピュータに実行させるプログラムを記録した記録媒体。

【請求項34】 請求項2, 10~16の何れかに記載の可逆復号化方法の各過程をコンピュータに実行させるプログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、各種デジタル信号(一例として、音声、音楽などの音響信号や画像信号)を表現するビット数を削減する符号化方法、その符号を再生する復号化方法、これらの装置及びプログラム記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】音声、画像などの情報を圧縮する方法として、歪を許す非可逆な圧縮符号化と歪を許さない可逆な圧縮符号化とがある。非可逆な圧縮としては、ITU-TやISO/IEC MPEGの標準として、種々の方式が知られている。これらの方式を使うと、わずかの歪に押さえつつ、元のデジタル信号を $1/10$ 以下までに圧縮することが可能である。しかし、その歪は符号化条件や入力信号に依存し、用途によっては再生信号の劣化が問題となる場合がある。一方、元の信号を完全に再現できる可逆な圧縮方法として、コンピュータのファイルやテキストの圧縮によく使われているユニバーサルな圧縮符号化が知られている。これは入力系列の統計を参照しながら圧縮符号化を行うもので、どのような信号に対しても圧縮が可能で、テキストなどを $1/2$ 程度まで圧縮できるが、音声や画像のデータに直接適用しても圧縮効果は2割程度にとどまる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来は、非可逆符号化と可逆符号化とが、圧縮される情報の種類や用途によって使い分けられていた。この場合、1つの情報に対して2種類の圧縮ファイルを用意する必要があるので、全体として圧縮効率が上がらず、また、取り扱いが不便であった。この発明はデジタル信号を高い圧縮効率で歪なく圧縮する符号化方法、該方法で圧縮された信号を元の信号に復元する復号化方法を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】この発明では、歪を許す符号化を使用して、デジタル入力信号を少ないビット数で量子化する。そして、その量子化信号と元のデジタル入力信号との誤差信号(振幅の小くなった信号)を、歪のない符号化を使用して、圧縮する。これによって、最終的に歪が生じないまま圧縮率を高めることが可能である点が、可逆符号化と非可逆符号化とを単独で使用する従来の符号化には無い特徴である。

【0005】

【発明の実施の形態】以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではない。また、目的の達成のために、実施形態中で説明されている特徴のすべての組み合わせが必ずしも必要となるものではない。以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。

【0006】§1. 第1実施形態

図1は、この発明の第1実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。図1に

50

示される符号化装置では、デジタル入力信号の時系列（以下「デジタル入力信号系列」と称する）が、入力端子100から入力される。そして、フレーム分割部110が、上記デジタル入力信号系列を、例えば1024個のデジタル入力信号（即ち、1024点のサンプル）からなるフレーム単位に、順次分割する。

【0007】次に、可逆符号化部150による可逆圧縮符号化の効率を上げるために、ならびかえ部160が、フレーム内の各デジタル入力信号（即ち、ビット列）のビットをならびかえる。ならびかえ部160による処理の詳細を以下に説明する。

【0008】図2は、第1実施形態におけるならびかえ部160の処理の一例を示す説明図である。図2のAは、ならびかえ部160への入力（即ち、1フレーム分のデジタル入力信号）を示す。各デジタル入力信号では、該デジタル入力信号の振幅（ここでは、正または負の整数とする）が、2の補数表現で表現される。

【0009】まず、ならびかえ部160は、フレーム内の各デジタル入力信号を、2の補数表現によるビット列から、符号絶対値表現によるビット列へ変換する（図2のB参照）。変換後のデジタル入力信号では、MSB（Most Significant Bit：最上位ビット）～第2LSBが振幅の絶対値を示し、LSB（Least Significant Bit：最下位ビット）が振幅の符号を示す。

【0010】次に、ならびかえ部160は、変換後のデジタル入力信号を個々のビットに分解する。最後に、ならびかえ部160は、分解によって生じた各ビットを、各ビットのビット位置（即ち、MSB、第2MSB、……、LSB）毎に、即ち、図2の水平方向に結合する（図2のC参照）。なお、ならびかえ部160は、分解によって生じたビットの全てではなく、分解によって生じたビットの一部を結合してもよい。また、ならびかえ部160は、分解によって生じたビットを、各ビット位置毎ではなく、複数のビット位置毎に結合してもよい。

【0011】図3は、第1実施形態におけるならびかえ部160の出力（以下、「変換デジタル入力信号」と称する）の一例を示す説明図である。図3において、水平方向のビット列（即ち、同じビット位置の1024個のビットからなるビット列）をそれぞれ「水平ビット列」と称する。

【0012】次に、可逆符号化部150が、ならびかえ部160の出力を可逆圧縮符号化する。可逆符号化部150による処理の詳細を以下に説明する。

【0013】まず、可逆符号化部150は、MSBから第jMSB（例えば、第4MSB）までの水平ビット列を、それぞれ、以下の①～④の方法で符号化する。

- ① 水平ビット列を構成する1024個のビットが全て“0”ならば、該水平ビット列を“0”に符号化する。
- ② 水平ビット列を構成する1024個のビットのう

ち、1つのビットが“1”ならば、該水平ビット列を、該“1”であるビットの位置を示すビット列（一例として10ビットとする）を“10”の後に連結したビット列に符号化する。

③ 水平ビット列を構成する1024個のビットのうち、2つのビットが“1”ならば、該水平ビット列を、該“1”であるビットの位置を示すビット列（一例として10ビット×2とする）を“110”の後に連結したビット列に符号化する。

④ 水平ビット列を構成する1024個のビットのうち、3つ以上のビットが“1”ならば、該水平ビット列を“111”の後に連結する。

【0014】また、可逆符号化部150は、第(j+1)MSBからLSBまでの水平ビット列を、それぞれ符号化する。この場合、可逆符号化部150は、該水平ビット列を、上記①～④の方法で符号化してもよいし、または、各デジタル入力信号毎に（即ち、図3の垂直方向に）結合し直した後、一般的によく知られた符号化方法を用いて、該デジタル入力信号単位で符号化してもよい。

【0015】なお、可逆符号化部150は、上記の符号化方法以外にも、連続する系列がある場合や頻繁に出現する系列がある場合を利用した可逆圧縮符号化を行ってもよい。ハフマン符号化や算術符号化などのエントロピー符号化がその例である。また、ならびかえ部160の出力に、テキスト等を可逆に圧縮するユニバーサル符号化を適用することでも圧縮効率が改善される。

【0016】以上の処理によって、図1に示される符号化装置は、可逆符号化部150から可逆圧縮符号I(e)を出力する。

【0017】これに対して、図1に示される復号化装置では、まず、可逆復号化部210が、可逆符号化部150と逆の処理（即ち、復号化）を行うことによって、可逆圧縮符号I(e)を復号化する。次に、ならびかえ部220が、ならびかえ部160と逆の処理を行うことによって、デジタル入力信号をフレーム単位で順次出力する。最後に、フレーム合成部250が、ならびかえ部220の出力を順次連結することによって、元のデジタル入力信号系列を再生する。以上の処理によって、該デジタル入力信号系列が、出力端子260から出力される。

【0018】§2. 第2実施形態

図4は、この発明の第2実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。図4において、図1の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。図4に示される符号化装置では、まず、フレーム分割部110が、入力端子100からのデジタル入力信号系列を、例えば1024個のデジタル入力信号（即ち、1024点のサンプル）からなるフレーム単位に、順次分割する。次に、非可逆量子

化部120が、フレーム分割部110の出力を、圧縮符号化する。この符号化は、復号化時に元のデジタル入力信号をある程度再現できる方式であれば、入力信号に適した如何なる方式でもよい。例えば、上記デジタル入力信号が音声であればITU-Tの音声符号化などが利用でき、音楽であればMPEGまたはTwin VQなどが利用でき、映像であればMPEGなどが利用できる。なお、非可逆量子化部120の出力を「非可逆圧縮符号I(n)」と称する。

【0019】次に、非可逆量子化部120に対応する復号器（即ち、逆量子化部230）と同様構成の逆量子化部130が、非可逆圧縮符号I(n)から局部再生信号を生成する。そして、減算部140が、局部再生信号と元のデジタル入力信号との誤差信号を求める。通常、この誤差信号の振幅は、元のデジタル入力信号の振幅よりもかなり小さい。故に、デジタル入力信号を可逆圧縮符号化するよりも、誤差信号を可逆圧縮符号化の方が容易である。そして、誤差信号を歪み無く再生できるならば、可逆圧縮符号化された誤差信号と非可逆圧縮符号化された元のデジタル入力信号とを組み合わせることによって、元のデジタル入力信号を歪み無く再生できる。そこで、このこと（誤差信号は振幅が小さく可逆圧縮符号化が容易であること）を利用して、可逆符号化部150が、誤差信号を可逆圧縮符号化する。

【0020】この際、可逆符号化部150による可逆圧縮符号化の効率を上げるために、ならびかえ部160が、誤差信号（即ち、ビット列）のビットをならびかえる。ならびかえ部160による処理の詳細を以下に説明する。図5は、第2実施形態におけるならびかえ部160の処理の一例を示す説明図である。デジタル入力信号（図5のA参照）では、2の補数表現で、正負の整数が表現される。図5のBは、図5のAに示されるデジタル入力信号と該デジタル入力信号に対応する局部再生信号との誤差信号を示す。ならびかえ部160は、この誤差信号（即ち、ビット列）を、2の補数表現によるビット列から、符号絶対値表現によるビット列へ変換する（図5のC参照）。次に、ならびかえ部160は、変換後の誤差信号を個々のビットに分解する。最後に、ならびかえ部160は、分解によって生じた各ビットを、各ビットのビット位置（即ち、MSB、第2MSB、…、LSB）毎に、即ち、図5の水平方向に結合する（図5のD参照）。図6は、第2実施形態におけるならびかえ部160の出力（以下、「変換誤差信号」と称する）の一例を示す説明図である。図6において、水平方向のビット列（即ち、同じビット位置の1024個のビットからなるビット列）をそれぞれ「水平ビット列」と称する。以上のならびかえでは、各誤差信号の値はまったく変らない。ところが、誤差信号は振幅が小さいので、ならびかえ部160の出力では、具体例が図6に示されるように、上位のビットは全て“0”となることが

多い。その結果、“0”が連続することによって、誤差信号の可逆圧縮符号化効率が上がる。なお、上記ならびかえは、誤差信号（即ち、垂直方向のビット列）を水平方向にビットスライスすることであると云える。

【0021】次に、可逆符号化部150が、ならびかえ部160の出力を可逆圧縮符号化する。可逆符号化部150による処理の詳細を以下に説明する。

【0022】まず、可逆符号化部150は、MSBから第jMSB（例えば、第4MSB）までの水平ビット列を、それぞれ、以下の①～④の方法で符号化する。

- ① 水平ビット列を構成する1024個のビットが全て“0”ならば、該水平ビット列を“0”に符号化する。
- ② 水平ビット列を構成する1024個のビットのうち、1つのビットが“1”ならば、該水平ビット列を、該“1”であるビットの位置を示すビット列（一例として10ビットとする）を“10”の後に連結したビット列に符号化する。
- ③ 水平ビット列を構成する1024個のビットのうち、2つのビットが“1”ならば、該水平ビット列を、該“1”であるビットの位置を示すビット列（一例として10ビット×2とする）を“110”の後に連結したビット列に符号化する。
- ④ 水平ビット列を構成する1024個のビットのうち、3つ以上のビットが“1”ならば、該水平ビット列を“111”の後に連結する。

【0023】また、可逆符号化部150は、第(j+1)MSBからLSBまでの水平ビット列を、それぞれ符号化する。この場合、可逆符号化部150は、該水平ビット列を、上記①～④の方法で符号化してもよいし、または、各誤差信号毎に（即ち、図6の垂直方向に）結合し直した後、一般的によく知られた符号化方法を用いて、該誤差信号単位で符号化してもよい。

【0024】「以上の可逆圧縮符号化によると、MSBが“1”であるデジタル入力信号が多くても、該デジタル入力信号に対応する誤差信号の振幅が20〔dB〕小さくなると、誤差信号のMSB～第3MSBには“1”が殆どない」ということが、図6からも期待できる。この場合、上記ならびかえを行うことによって、該ならびかえを行わない場合と比較して、誤差信号のビット数の約3/16を削減できることになる。

【0025】なお、可逆符号化部150は、上記の符号化方法以外にも、連続する系列がある場合や頻繁に出現する系列がある場合を利用した可逆圧縮符号化を行ってもよい。ハフマン符号化や算術符号化などのエントロピー符号化がその例である。また、ならびかえ部160の出力に、テキスト等を可逆に圧縮するユニバーサル符号化を適用することでも圧縮効率が改善される。

【0026】以上の処理によって、図4に示される符号化装置は、非可逆量子化部120からの非可逆圧縮符号I(n)と可逆符号化部150からの可逆圧縮符号I

(e) とを出力する。

【0027】これに対して、図4に示される復号化装置では、可逆復号化部210が、可逆圧縮符号I(e)を復号化する。そして、ならびかえ部220が、ならびかえ部160と逆の処理を行うことによって、誤差信号をフレーム単位で順次出力する。また、逆量子化部230が、非可逆圧縮符号I(n)を復号化する。次に、加算部240が、逆量子化部230の出力とならびかえ部230の出力とを加算する。最後に、フレーム合成部250が、加算部240の出力を順次連結することによつて、元のデジタル入力信号系列を再生する。以上の処理によって、該デジタル入力信号系列が、出力端子260から出力される。

【0028】図4に示される符号化装置における非可逆量子化部120は、例えば、変換符号化法にて構成することができる。この変換符号化法は、例えば、特開平8-44399号公報に示されている。この例を図7を参照して簡単に述べる。フレーム分割部14が、フレーム分割部110の出力から、Nサンプル毎に、過去の2Nサンプルを抽出する。この2Nサンプルからなる系列は、重ね合わせ直交変換(LOT:Lapped Orthogonal Transform)処理用フレームである。時間窓掛部15が、このLOT処理用フレームに時間窓を掛ける。時間窓掛部15の出力は、一方では、重ね合わせ直交変換の一種であるN次のMDCT(Modified Discrete Cosine Transform:変形離散コサイン変換)部16によって、周波数領域係数に変形離散コサイン変換される。時間窓掛部15の出力は、他方では、線形予測分析部17によって線形予測分析される。その結果、P次の予測係数 $\alpha_0, \dots, \alpha_P$ が求められる。量子化部18が、この予測係数 $\alpha_0, \dots, \alpha_P$ を、例えばLSPパラメータあるいはkパラメータに変換してから量子化することによって、スペクトラム概形を示すインデックスIPを得る。ここで、「スペクトラム概形(spectrum envelope)」は、MDCT係数の振幅の包絡を意味する。

【0029】スペクトラム概形計算部21が、予測係数 $\alpha_0, \dots, \alpha_P$ のスペクトラム概形を求める。正規化部22が、MDCT部16からのスペクトラム振幅を、上記スペクトラム概形で各対応サンプルごとに除算する(即ち、正規化する)ことによって、現フレームFの残差係数R(F)を得る。ここで、「残差係数(residual coefficient)」は、スペクトル概形で平坦化されたMDCT係数を意味する。重み計算部24が、スペクトラム概形計算部21からのスペクトラム概形と残差概形計算部23からの残差係数概形ER(F)とを各対応サンプルごとに掛け合わせるによって、重み付け係数 W_1, \dots, W_N (ベクトルWで表す)を得る。ここで、「残差係数概形(envelope of residual coefficient)」は、残差係数を周波数軸においてさらに細かく分析した概形を意味する。そして、重み計算部24

は、該重み付け係数Wを量子化部25へ供給する。

【0030】残差概形正規化部26が、正規化部22からの現フレームFの残差係数R(F)を残差係数概形計算部23からの残差係数概形で除算する(即ち、正規化する)ことによって、微細構造係数を得る。ここで、

「微細構造係数(fine structure coefficient)」は、平坦化されたMDCT係数を残差係数概形によって更に平坦化したMDCT係数を意味する。パワー正規化部27が、現フレームの微細構造係数を、その振幅の平均値またはパワーの平均値の平方根である正規化ゲインg(F)で割算(即ち、正規化)し、その結果を正規化微細構造係数 $X(F) = (x_1, \dots, x_N)$ として量子化部25へ供給する。パワー正規化部27は、上記正規化ゲインg(F)を逆正規化部31に与える。また、パワー正規化部27は、上記正規化ゲインg(F)を量子化し、その結果をインデックスIGとして出力する。

【0031】量子化部25が、正規化微細構造係数X(F)に対し重み付け係数Wによって重み付けを行った後、ベクトル量子化することによって、量子化小系列C(m)を得る。ここで、量子化小系列C(m)は、M個のベクトル $C(m_1), C(m_2), \dots, C(m_M)$ を構成する要素系列である。逆正規化部31が、量子化小系列C(m)を、パワー正規化部27からの正規化ゲインg(F)によって逆正規化し、更に、残差概形計算部23からの残差係数概形を乗算することによって、量子化残差係数Rq(F)を再生する。残差概形計算部23が、量子化残差係数Rq(F)の概形を求め

る。

【0032】線形予測係数の量子化値を示すインデックスIPと、微細構造係数のパワー正規化利得の量子化値を示すインデックスIGと、微細構造係数の量子化値を示すインデックスImとが、非可逆圧縮符号I(n)として、非可逆量子化部120から出力される。

【0033】逆量子化部130においては、インデックスImに対応した正規化微細構造係数とインデックスIGに対応した正規化ゲインとが、それぞれ、パワー逆正規化部53に入力される。パワー逆正規化部53は、正規化微細構造係数を正規化ゲインによって逆正規化することによって、微細構造係数を得る。残差概形逆正規化部54が、残差概形計算部55からの残差概形ERを微細構造係数に乗算する(即ち、逆正規化する)ことによって、残差係数Rq(F)を再生する。残差概形計算部55が、この再生された残差係数Rq(F)の概形を、非可逆量子化部120の残差概形計算部23と同じ方法で計算する。

【0034】一方、逆正規化部57が、スペクトラム概形計算部21からのスペクトラム概形を残差概形逆正規化部54からの残差係数Rq(F)に乗算する(即ち、逆正規化する)ことによって、周波数領域係数を再生する。逆MDCT部58が、上記周波数領域係数を、フレ

ーム毎にN次の逆変形離散コサイン変換することによって、2Nサンプルの時間領域信号（以下「逆LOT処理用フレーム」と称する）に変換する。窓掛部59が、この時間領域信号に、フレームごとに時間窓を掛ける。フレーム重ね合わせ部61が、窓掛部59の出力（2Nサンプルの逆LOT処理用現フレーム）の前半Nサンプルと1つ前のフレームの後半Nサンプルとを互に加算し、その結果得られたNサンプルを、現フレームの逆量子化信号として、減算部140に出力する。

【0035】また、非可逆量子化部120の例として、周波数領域で分割し階層的に符号化する構成を、図8を参照して簡単に述べる。この構成は、特開平8-263096号公報に示されている。フレーム分割部110からの原音入力信号21は、最高周波数が f_4 であり、標準化周波数が $2f_4$ である。第1帯域選択手段である第1サンプルレート変換器221が、原音入力信号21から、最高周波数 f_1 かつ標準化周波数 $2f_1$ （但し $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ ）の第1帯域信号231を取り出す。第1符号器241が、第1帯域信号231を、第1符号 C_1 に符号化する。第1復号器251が、第1符号 C_1 を、最高周波数 f_1 かつ標準化周波数 $2f_1$ の復号信号121に復号化する。第1サンプルレート変換器261が、復号信号121を、最高周波数 f_2 かつ標準化周波数 $2f_2$ の第1変換復号信号に変換する。一方、第2帯域選択手段であるサンプルレート変換器222が、原音入力信号21から、最高周波数 f_2 かつ標準化周波数が $2f_2$ の第2帯域信号232を取り出す。第2差回路282が、第2帯域信号232から第1変換復号信号を減算することによって、第2差信号292を得る。第2符号器242が、第2差信号292を、第2符号 C_2 に符号化する。

【0036】以下同様の処理を行う。ここでは、第3符号 C_3 を得る処理を、 $i=3$ （ $i=2, 3, \dots, n$ 、この例では4まで）を例として説明する。第 $i-1$ （=第2）復号器25 $i-1$ （252）が、第 $i-1$ （=第2）符号 C_{i-1} （ C_2 ）を、最高周波数 f_{i-1} （ $=f_2$ ）かつ標準化周波数 $2f_{i-1}$ （ $=2f_2$ ）の第 $i-1$ （=第2）復号信号に復号化する。加算器60 $i-1$ （602）が、第 $i-1$ （=第2）復号信号と第 $i-2$ （=第1）変換復号信号とを加算することによって、第 $i-1$ （第2）和信号を得る。第 $i-1$ （=第2）サンプルレート変換器26 $i-1$ （262）が、第 $i-1$ （第2）和信号を、最高周波数 f_i （ $=f_3$ ）かつ標準化周波数 $2f_i$ （ $=2f_3$ ）の第 $i-1$ （=第2）変換復号信号に変換する。一方、第 i （=第3）帯域選択手段であるサンプルレート変換器22 i （223）が、原音入力信号21から、最高周波数 f_i （ $=f_3$ ）かつ標準化周波数 $2f_i$ （ $=2f_3$ ）の第 i （=第3）帯

域信号23 i （233）を取り出す。第 i （=第3）差回路28 i （283）が、第 i （=第3）帯域信号23 i （233）から第 $i-1$ （=第2）変換復号信号を減算することによって、第 i （=第3）差信号293を得る。第 i （=第3）符号器24 i （243）が、第 i （=第3）差信号293を第 i （=第3）符号 C_i （ C_3 ）に符号化する。なお、第 $i-1$ （=第2）復号器25 $i-1$ （252）と加算器60 $i-1$ （602）と第 $i-1$ （=第2）サンプルレート変換器26 $i-1$ （262）とは、第 $i-1$ （=第2）復号化手段40 $i-1$ （402）を構成する。但し、第1復号化手段401では、第 $i-2$ 層が存在しないので、加算器600は省略される。また、最上位層の帯域信号、この例では第 $i+1$ （=第4）帯域信号234は最高周波数 f_4 の信号であるので、第 $i+1$ 帯域選択手段であるサンプルレート変換器224は省略される。

【0037】図8に示される非可逆量子化部120は、入力信号帯域を n 区間に分割して符号化する場合に適用できる。第1～第 n （=第4）符号 $C_1 \sim C_n$ （ $=C_4$ ）は、多重化回路において、フレームごとに多重化された後、非可逆符号 $P(n)$ として出力される。この場合、多重化回路は、第1～第 i 符号のいずれかを選択して出力するように構成される。第 i 符号器24 i （ $i=1 \sim n$ ；但し、図8では $n=4$ ）は、 i が大きくなるにつれて圧縮率が小さくなるように設定されると、広帯域、高品質の符号化が可能となる。これを満たすならば、上記符号器の符号化方法は、例えば、全て変換符号化法であつてもよい。

【0038】第1～第 n 符号器241～244の符号化法としてはCELP符号化法や変換符号化法などが使用でき、第1～第 n 符号器241～244は、同一の符号化法を使用してもよいし、互いに異なる符号化法を使用してもよい。図8に示される非可逆量子化部120を用いた場合における逆量子化部130の概略を図9を参照して述べる。図9は、 $n=4$ の場合、つまり、符号列 C が第1～第4符号 $C_1 \sim C_4$ からなる場合である。符号分離手段56が、符号列 C を、第1～第4符号 $C_1 \sim C_4$ に分離する。そして、第1符号 C_1 が第1復号器571へ供給され、第2符号 C_2 が第2復号器572へ供給され、第3符号 C_3 が第3復号器573へ供給され、第4符号 C_4 が第4復号器574へ供給される。第1復号器571は、第1符号 C_1 を、第1復号信号581に復号化する。第1復号信号581は、第1復号化出力631として第1サンプルレート変換器591に入力される。第1サンプルレート変換器591は、第1復号化出力631を、標準化周波数 $2f_2$ の第1変換復号信号611に変換する。一方、第2復号器572は、第2符号 C_2 を、第2復号信号582に復号化する。第2加

算器622が、第1変換復号信号611と第2復号信号582とを加算することによって、第2復号化出力632を得る。第2サンプルレート変換器592が、第2復号化出力632を、標準化周波数 $2f_3$ の第2変換復号信号612に変換する。以下、 $i=3$ の場合について一般化して説明すると、第 i (=第3)復号器57 i (=573)が、第 i (=第3)符号 C_i (= C_3)を、第 i (=第3)復号信号58 i (=583)に復号化する。第 i (=第3)加算器62 i (=623)が、第 $i-1$ (=第2)変換復号信号61 $i-1$ (=612)と第 i (=第3)復号信号58 i (=583)とを加算することによって、第 i (=第3)復号化出力63 i (=633)を得る。第 i (=第3)サンプルレート変換器59 i (=593)が、第 i (=第3)復号化出力63 i (=633)を、標準化周波数 $2f_{i+1}$ (= $2f_4$)の第 i (=第3)変換復号信号61 i (=613)に変換する。第 $i+1$ (=第4)復号器57 $i+1$ (=574)が、第 $i+1$ (=第4)符号 C_{i+1} (= C_4)を、第 $i+1$ (=第4)復号信号58 $i+1$ (=584)に復号化する。第 $i+1$ (=第4)加算器62 $i+1$ (=624)が、第 i (=第3)変換復号信号61 i (=613)と第 $i+1$ (=第4)復号信号58 $i+1$ (=584)とを加算することによって、第 $i+1$ (=第4)復号化出力63 $i+1$ (=634)を得る。第 $i+1$ (=第4)復号化出力63 $i+1$ (=634)は、量子化信号として、減算部140へ供給される。

【0039】次に、第2実施形態の実験結果を図10及び図11に示す。44.1kHzでサンプリングした3つの異なるステレオオーディオ信号と、16kHzでサンプリングした3つの異なるモノラルオーディオ信号とについて実験を行った。非可逆量子化部120として、ISO/IEC MPEG-4スケーラブルプロファイルにおけるTwin VQを使用した。非可逆量子化部120の圧縮単位ビットレートは、44.1kHzに対しては16kbit/s/chであり、16kHzに対しては8kbit/sである。この量子化器を繰り返し使用することによって、MPEG圧縮信号のデータレートと誤差信号のデータレートとの和が小さくなるようにした。その結果、量子化ビットレートは、44.1kHzに対しては原信号の1/44に減少し、16kHzに対しては1/32に減少した。トータルファイルサイズの百分率(%)は、誤差信号のファイルサイズと圧縮MPEGビットストリームのサイズとの和である。図10及び図11に示されるトータルファイルサイズは、原信号サイズが約70~50%に減少され得ることを示している。非可逆量子化部120において、原信号ファイルサイズを約1/10に圧縮した時、トータルファイルサイズが最小になっていることがわかる。また、44.1k

Hzステレオの方が、16kHzモノラルよりも、圧縮率が若干よい。

【0040】§3. 第3実施形態

図12は、この発明の第3実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。図12において、図1および図4の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。図12に示される装置は、選択部270および切換部280によって、第1実施形態による装置(図1参照)に等価な構成または第2実施形態による装置(図4参照)に等価な構成のいずれかに切り換えられる。

【0041】即ち、符号化装置において、選択部270は、デジタル入力信号をフレーム分割部110からフレーム単位で入力され、かつ、該デジタル入力信号に対応する誤差信号を減算部140からフレーム単位で入力される。そして、選択部270は、該デジタル入力信号と該誤差信号とのいずれかを、フレーム単位で選択し出力する。また、選択部270は、各出力毎に(即ち、各フレーム毎に)、該出力がデジタル入力信号または誤差信号のいずれであるのかを示す選択情報を生成し、該出力に付加する。なお、選択情報は、該選択部270の出力に付加されるのではなく、該選択部270の出力に同期して、別途、切換部280へ送られてもよい。以下、選択部270の出力は、第1実施形態および第2実施形態で説明された処理(即ち、ならびかえ→可逆符号化→可逆復号化→逆ならびかえ)を施される。その結果、選択部270の出力とまったく同じ信号が、フレーム単位で、ならびかえ部220から出力される。

【0042】一方、復号化装置において、切換部280は、ならびかえ部220の出力から選択情報を抽出する。なお、選択情報は、ならびかえ部220の出力に同期して、選択部270から受け取られてもよい。そして、「ならびかえ部220の出力がデジタル入力信号である」ということを選択情報が示すならば、切換部280は、該出力をフレーム合成部250へそのまま送る。以下、切換部280の出力は、第1実施形態で説明された処理(フレーム合成→再生信号出力)を施される。一方、「ならびかえ部220の出力が誤差信号である」ということを選択情報が示すならば、切換部280は、該出力をフレーム加算部240へ送る。以下、切換部280の出力は、第2実施形態で説明された処理(逆量子化部230の出力との加算→フレーム合成→再生信号出力)を施される。

【0043】§4. 第4実施形態

第4実施形態を説明する前に、該実施形態が解決すべき課題について説明する。第2実施形態や第3実施形態の非可逆圧縮部分(即ち、非可逆量子化部120、逆量子化部130、逆量子化部230)では、既知の圧縮フォーマットや復号器がそのまま使用される場合がある。但し、この場合、符号化装置と復号化装置とが異なるプラ

ットフォーム上で実現されていると、誤差信号生成のために使用される局部再生信号（即ち、逆量子化部130の出力）と実際の逆量子化信号（即ち、逆量子化部230の出力）とが完全には一致しないことが生じる。例えば、MPEGオーディオの標準規格を例にとると、デジタル入力信号が16ビットの場合、符号器と復号器との相互接続試験用の参照標準出力信号と復号器の実際の出力信号との差異は“±1”（即ち、LSBが一致しない程度の誤差）に収まることが保障されているが、それでも、完全に一致するとは限らない。このように逆量子化部130の出力と逆量子化部230の出力とが一致しない場合、逆量子化部130の出力に基づいて生成された誤差信号を（加算器240で）逆量子化部230の出力に加算しても、元のデジタル入力信号が歪み無く再生されるとは限らない。

【0044】そこで、第4実施形態では、逆量子化部130の出力と逆量子化部230の出力との差異に基づくビット数（仮に、 t ビットとする）だけデジタル入力信号の振幅の絶対値部分を上位へ算術シフトし、この算術シフトされたデジタル入力信号を非可逆量子化する。そして、非可逆量子化されたデジタル入力信号を（逆量子化部130または逆量子化部230で）逆量子化した後に、該逆量子化された信号の振幅の絶対値部分を下位方向へ t ビット算術シフトする（即ち、 2^t で除算する）。これによって、逆量子化部130の出力と逆量子化部230の出力とが一致することになる。

【0045】なお、MPEGオーディオ符号化の場合、逆量子化部130の出力および逆量子化部230の出力は、元のデジタル入力信号と比較して、それぞれ±1の誤差を含む。その結果、逆量子化部130の出力と逆量子化部230の出力との差異は、一方が“+1”であり、他方が“-1”である場合に、最大値“±2”となる。そこで、本実施形態では、この差異の最大値をデジタル入力信号から除去するために、 $t=3$ ビットと設定し、デジタル入力信号を3ビット算術シフトする。なお、当然のことながら、上記 t の値は、 $t=3$ には限定されず、上述したように、逆量子化部130の出力と逆量子化部230の出力との差異に基づいて決定される。

【0046】図13は、この発明の第4実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。図13において、図1、4、12の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。

【0047】なお、図13では、フレーム分割部110へのデジタル入力信号と、フレーム合成部250からの再生出力信号と、非可逆量子化部120、逆量子化部130、逆量子化部230で処理される信号とは2の補数表現で表され、それ以外の信号は符号絶対値表現で表される。故に、2の補数表現から符号絶対値表現への変換、および、符号絶対値表現から2の補数表現への変換

が、（図13には記載されていないが）適宜行われているものとする。

【0048】図13に示される符号化装置では、まず、フレーム分割部110が、デジタル入力信号系列を、フレーム単位に順次分割する。ビットシフト部290が、各デジタル入力信号の振幅の絶対値部分を、上位方向へ t ビット算術シフトし、かつ、該絶対値部分の下位 t ビットを“0”とする。非可逆量子化部120が、ビットシフト部290の出力を、非可逆圧縮符号化する。逆量子化部130が、非可逆量子化部120の出力を逆量子化することによって、局部再生信号を生成する。ビットシフト部300が、該局部再生信号の振幅の絶対値部分の下位 t ビットを四捨五入した後、下位方向へ t ビット算術シフトする。減算部140が、フレーム分割部110の出力とビットシフト部300の出力との誤差信号を求める。以下、ならびかえ部160および可逆符号化部150が、上記誤差信号に対して、第2実施形態のならびかえ部160および可逆符号化部150と同じ処理を施す。これによって、可逆符号化部150は、誤差信号の可逆圧縮符号を出力する。

【0049】一方、可逆符号化部310が、各デジタル入力信号の振幅の絶対値部分の上位 t ビットを、可逆圧縮符号化する。各デジタル入力信号は符号絶対値表現で表されているので、この上位 t ビットは“0”である場合が多い。故に、可逆符号化部310は、可逆符号化部150と同じ符号化処理を行うことによって、圧縮効率を上げることができる。

【0050】以上の処理によって、図13に示される符号化装置は、非可逆量子化部120からの非可逆圧縮符号と、可逆符号化部150からの（誤差信号の）可逆圧縮符号と、可逆符号化部310からの（デジタル入力信号の上位 t ビットの）可逆圧縮符号とが出力される。

【0051】これに対して、図13に示される復号化装置では、可逆復号化部210およびならびかえ部220が、可逆符号化部150からの（誤差信号の）可逆圧縮符号に対して、第2実施形態の可逆復号化部210およびならびかえ部220と同じ処理を施す。一方、逆量子化部230が、非可逆量子化部120の出力を逆量子化することによって、局部再生信号を生成する。ビットシフト部320が、該局部再生信号の振幅の絶対値部分の下位 t ビットを四捨五入した後、下位方向へ t ビット算術シフトする。加算部240が、ならびかえ部220の出力とビットシフト部320の出力とを加算する。

【0052】一方、可逆復号化部330が、可逆符号化部310の出力を可逆復号化することによって、元のデジタル入力信号の振幅の絶対値部分の上位 t ビットを、フレーム単位で出力する。加算部340が、加算部240の出力の上位ビット側に、可逆復号化部330の出力を連結する。最後に、フレーム合成部250が、加算部340の出力を順次連結することによって、元のデ

ィジタル入力信号系列を再生する。以上の処理によって、該ディジタル入力信号系列が、出力端子 260 から出力される。

【0053】 § 5. 補足

上記各実施形態で示された各部の機能は、コンピュータにプログラムを解釈実行させることによって実現可能である。

【0054】 なお、図 4、12、13 に示される装置は非可逆量子化手段を 1 種類しか具備していないが（即ち、非可逆量子化部 120、逆量子化部 130、逆量子化部 230 をそれぞれ 1 つしか具備していないが）、本発明はこれには限定されず、複数種類の非可逆量子化方法および複数の非可逆量子化条件を備え、その中から最適な方法および条件（例えば、復号化装置が実行可能な逆量子化に対応する方法および条件）を適宜（例えば、フレーム毎に）選択するようにしてもよい。その場合、第 3 実施形態では、選択された方法および条件を示す情報は、選択情報に付加して復号化装置へ送ることも考えられる。

【0055】

【発明の効果】 この発明によれば、元のディジタル信号を完全に復元でき、同時に、高い圧縮率を得ることができる。また、フレーム単位で区切るので、同期ワードなどを併用すれば、圧縮符号系列の途中からでも信号を完全に再現することができる。また、音楽の原音ファイルと圧縮符号ファイルとの両方を CD-ROM に記録しておき、圧縮符号ファイルは無償で提供し、原音ファイルは料金を払った人にもみ提供することが、従来から行われている。本発明によれば、圧縮符号と誤差信号とを記録しておき、圧縮符号は無償で提供し、料金を払った人には圧縮符号と誤差信号とを提供することによって原音を再生できるようにすることができる。このようにすれば、圧縮符号と誤差信号との和のデータ量は、原音と圧縮符号との和のデータ量より著しく少ないので、記憶容量の小さい記憶媒体にも記録可能である。なお、非可逆量子化および逆量子化における処理量が多いが、これらの処理を高速に実行するハードウェア（例えば、MPEG 符号化／復号化プロセッサ）やソフトウェアが各種市販されており安価に入手できるので、処理量の多さは問題にはならない。

【0056】 このように、本発明は、Twin VQ、MP3、MPEG-4 等の楽音圧縮符号化と組み合わせることによって、高効率の非可逆符号化と歪みのない可逆符号化とを無駄なく共存させることができる。そのため、本発明は、特に、楽音信号を蓄積したり伝送する際に有

効であり、音楽のネットワーク配信や携帯型音楽鑑賞機器などを含む広い用途へ適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の第 1 実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。

【図 2】 第 1 実施形態におけるならびかえ部 160 の処理の一例を示す説明図である。

【図 3】 第 1 実施形態におけるならびかえ部 160 の出力の一例を示す説明図である。

【図 4】 この発明の第 2 実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。

【図 5】 第 2 実施形態におけるならびかえ部 160 の処理の一例を示す説明図である。

【図 6】 第 2 実施形態におけるならびかえ部 160 の出力の一例を示す説明図である。

【図 7】 変換符号化法を用いた非可逆量子化部 120 とその逆量子化部 130 との具体的構成例を示すブロック図である。

【図 8】 階層符号化法を用いた非可逆量子化部 120 の具体的構成例を示すブロック図である。

【図 9】 図 8 に示される非可逆量子化部 120 に対応する逆量子化部 130 の具体的構成例を示すブロック図である。

【図 10】 第 2 実施形態の実験結果を示す説明図である。

【図 11】 第 2 実施形態の実験結果を示す説明図である。

【図 12】 この発明の第 3 実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。

【図 13】 この発明の第 4 実施形態による符号化装置および復号化装置の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

110 …… フレーム分割部

120 …… 非可逆量子化部

130, 230 …… 逆量子化部

140 …… 減算部

150, 310 …… 可逆符号化部

160, 220 …… ならびかえ部

210, 330 …… 可逆復号化部

240, 340 …… 加算部

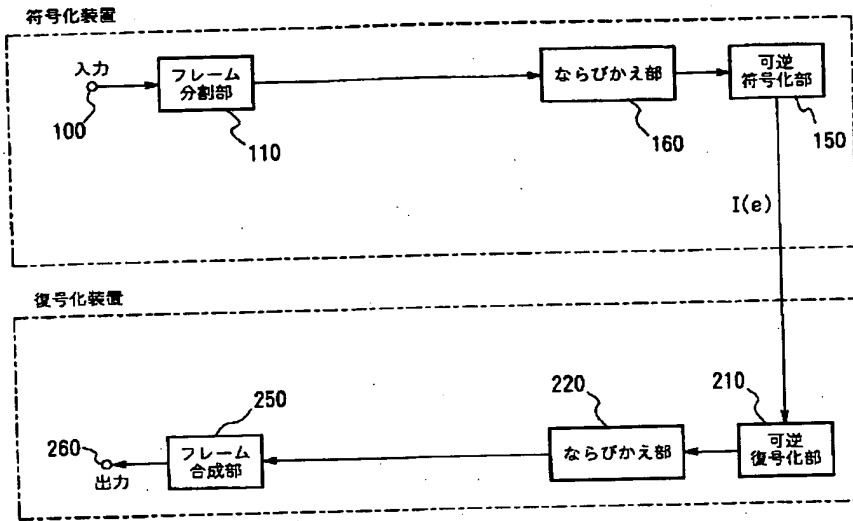
250 …… フレーム合成部

270 …… 選択部

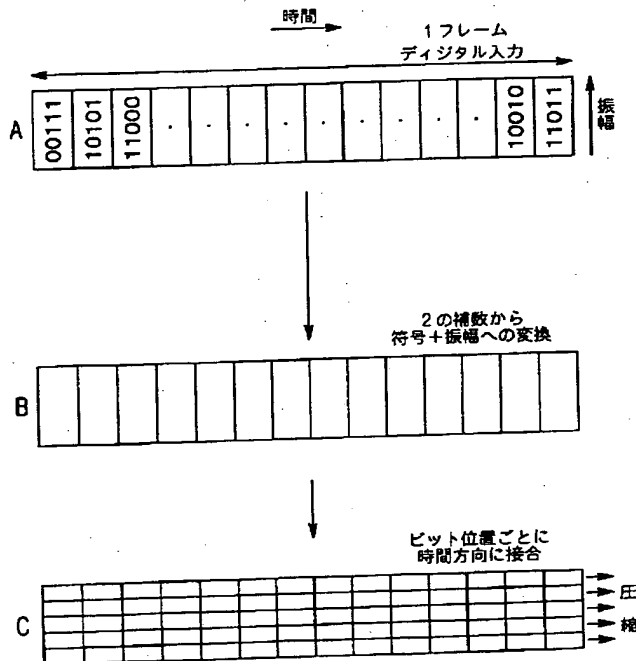
280 …… 切換部

290, 300, 320 …… ビットシフト部

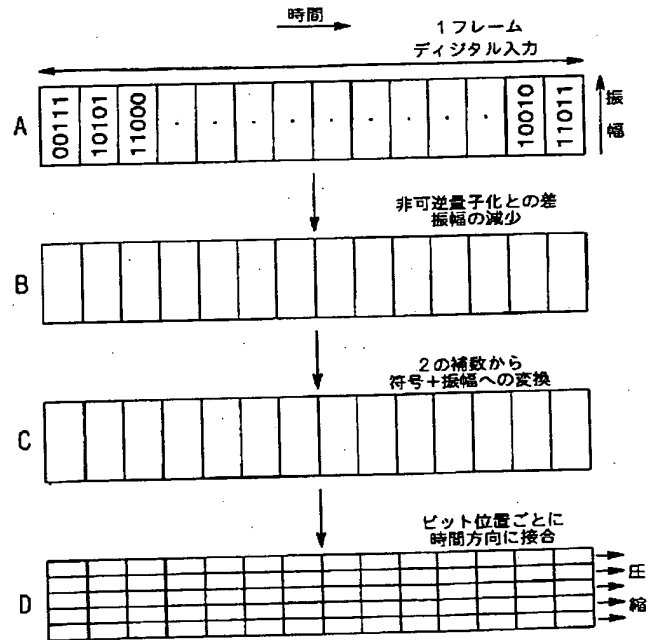
【図 1】



【図 2】



【図 5】

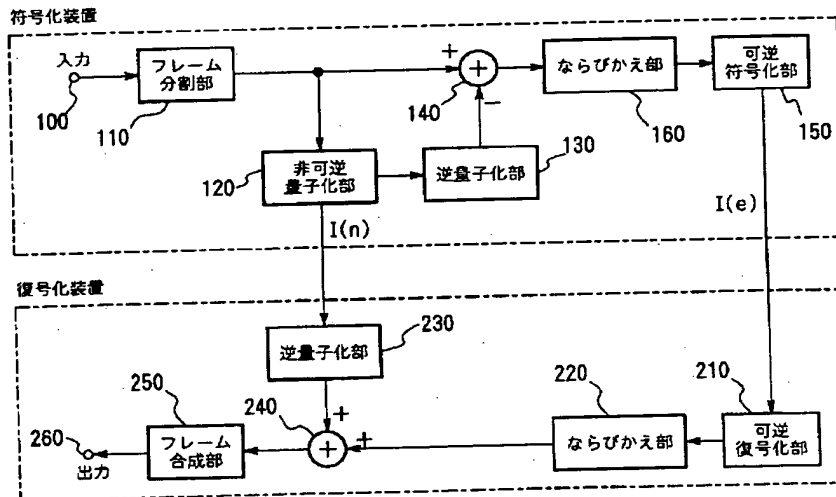


【図3】

MSB	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1
D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	7
C	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	-	1	0	0	22
B	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	-	1	0	0	56
A	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	-	0	1	0	233
9	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	-	0	0	0	383
8	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	-	1	0	1	607
7	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	-	1	1	1	581
6	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	-	1	0	1	449
5	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	-	1	1	1	420
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	-	0	0	0	544
3	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	-	0	1	1	570
2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	-	1	0	1	599
LSB	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	-	0	1	0	607
符号	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	-	0	0	1	515

時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	-	3fd	3fe	3ff	'1'の数
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----	-----	-------

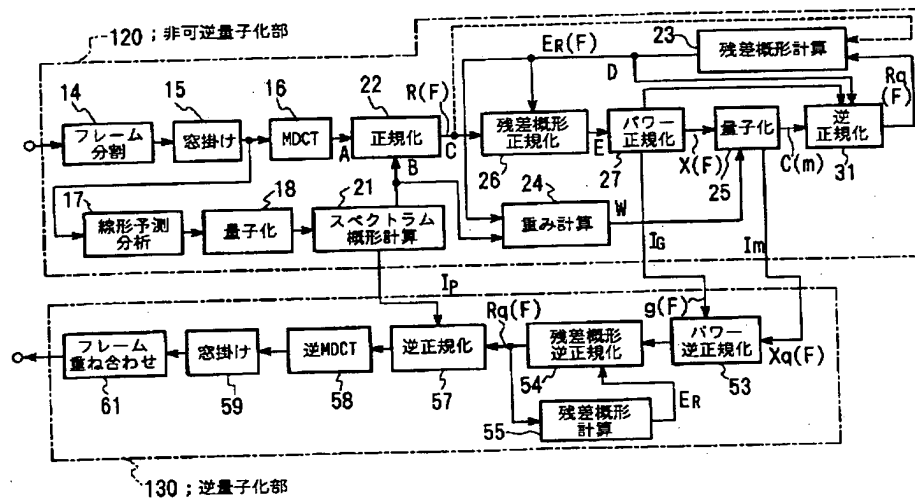
【図4】



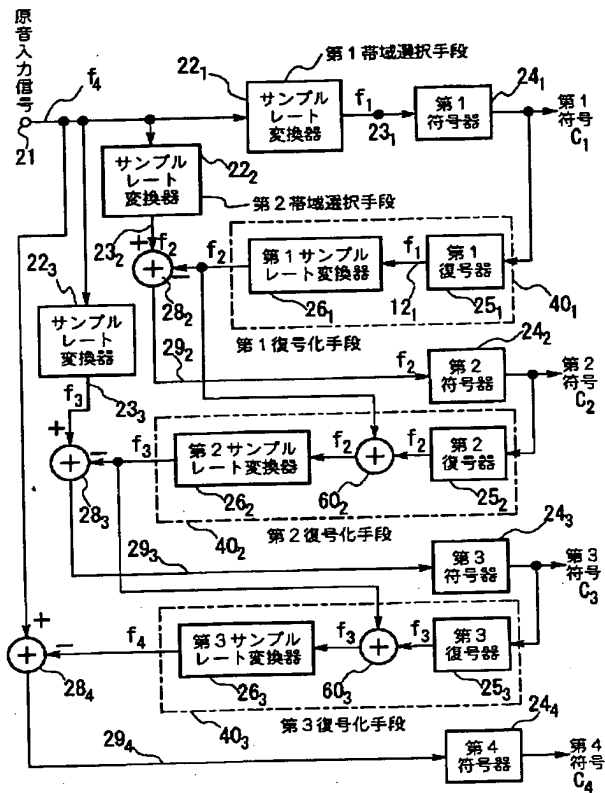
【図6】

MSB F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
C	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	8
B	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	30
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	230
9	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	350
8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	555
7	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	511
6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	389
5	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	349
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	443
3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	445
2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	512
LSB 1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	555
符号	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	459
時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	-	3fd	3fe	3ff	'1'の数

【図7】



【図 8】



【図 10】

file size (orchestra, 44.1kHz stereo)

bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	3729[kB]	-	100
-	Yes	3233[kB]	-	86.8
Yes	Yes	2531[kB]	-	68.0
Yes	Yes	2055[kB]	86[kB]	57.4
Yes	Yes	1786[kB]	172[kB]	52.3
Yes	Yes	1609[kB]	258[kB]	50.0
Yes	Yes	1487[kB]	344[kB]	49.1
Yes	Yes	1401[kB]	430[kB]	49.1
Yes	Yes	1336[kB]	516[kB]	49.7

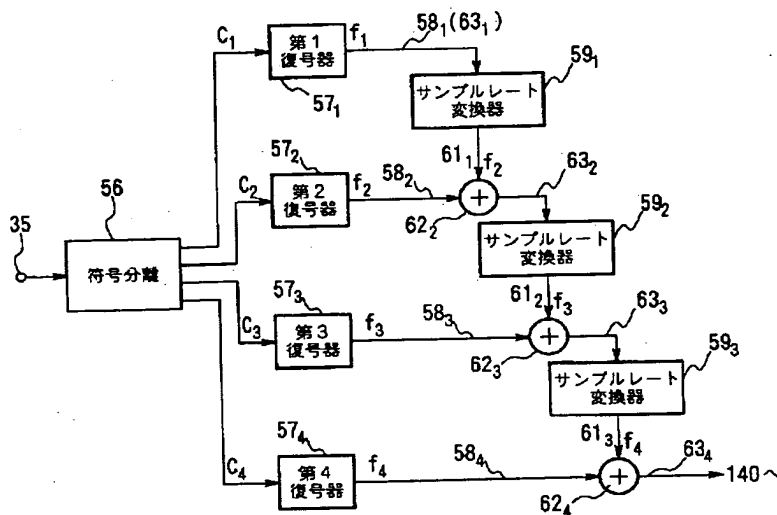
file size (vocal, 44.1kHz stereo)

bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	1937[kB]	-	100
-	Yes	1687[kB]	-	87.1
Yes	Yes	1422[kB]	-	73.4
Yes	Yes	1200[kB]	45[kB]	64.3
Yes	Yes	1075[kB]	90[kB]	60.1
Yes	Yes	983[kB]	135[kB]	57.7
Yes	Yes	913[kB]	180[kB]	56.2
Yes	Yes	862[kB]	225[kB]	56.1
Yes	Yes	824[kB]	270[kB]	56.5

file size (pops, 44.1kHz stereo)

bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	7156[kB]	-	100
-	Yes	6135[kB]	-	85.7
Yes	Yes	5245[kB]	-	73.4
Yes	Yes	4669[kB]	170[kB]	67.6
Yes	Yes	4458[kB]	340[kB]	65.0
Yes	Yes	4347[kB]	510[kB]	67.9
Yes	Yes	4273[kB]	680[kB]	69.2
Yes	Yes	4223[kB]	850[kB]	70.9
Yes	Yes	4189[kB]	1020[kB]	72.9

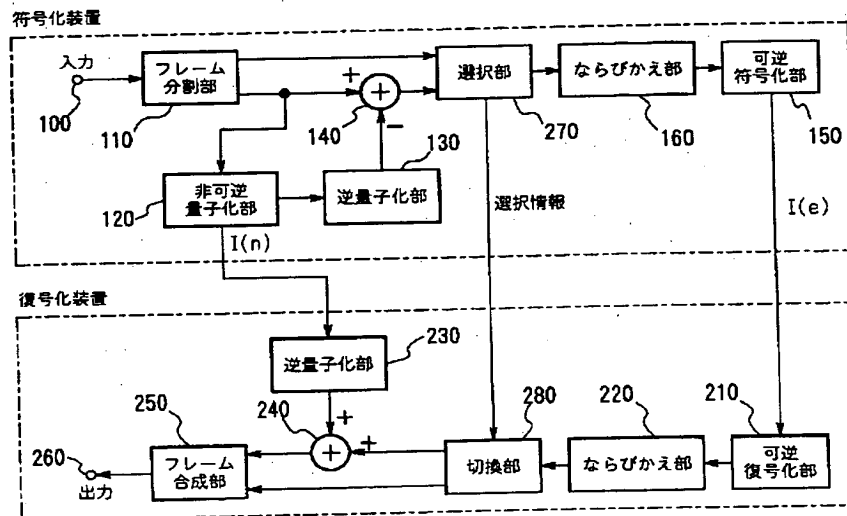
【図 9】



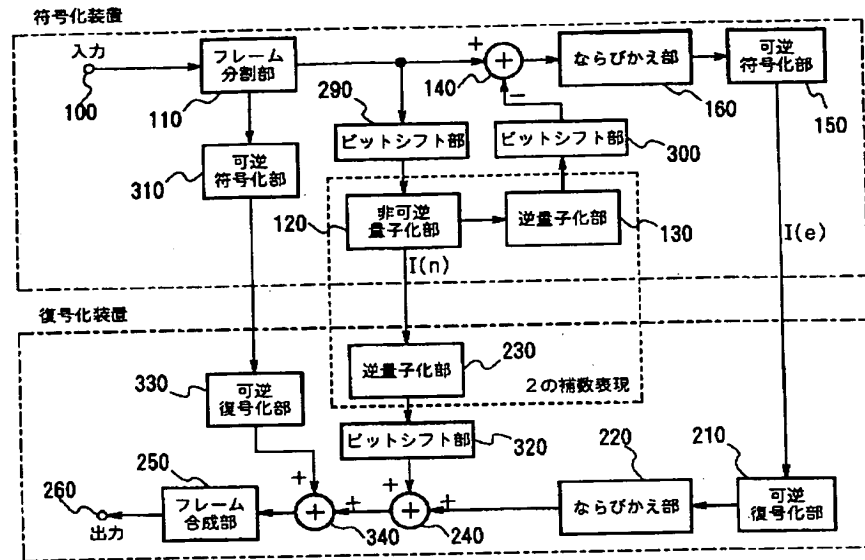
【図 11】

file size (orchestra, 16kHz mono)				
bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	676[kB]	-	100
-	Yes	576[kB]	-	85.2
Yes	Yes	493[kB]	-	72.9
A				
Yes	Yes	413[kB]	22[kB]	64.3
Yes	Yes	367[kB]	44[kB]	60.8
Yes	Yes	336[kB]	66[kB]	59.5
Yes	Yes	314[kB]	88[kB]	59.5
Yes	Yes	297[kB]	110[kB]	59.5
Yes	Yes	285[kB]	132[kB]	61.7
file size (vocal, 16kHz mono)				
bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	352[kB]	-	100
-	Yes	308[kB]	-	87.5
Yes	Yes	274[kB]	-	77.8
B				
Yes	Yes	237[kB]	11[kB]	70.5
Yes	Yes	220[kB]	23[kB]	69.0
Yes	Yes	208[kB]	34[kB]	68.8
Yes	Yes	198[kB]	46[kB]	68.9
Yes	Yes	188[kB]	57[kB]	69.6
Yes	Yes	181[kB]	69[kB]	71.0
file size (pops, 16kHz mono)				
bitslice	gzip	file size	MPEG	total %
-	-	1299[kB]	-	100
-	Yes	1117[kB]	-	86.0
Yes	Yes	978[kB]	-	75.3
C				
Yes	Yes	881[kB]	43[kB]	71.1
Yes	Yes	840[kB]	85[kB]	71.1
Yes	Yes	813[kB]	128[kB]	72.4
Yes	Yes	796[kB]	170[kB]	74.4
Yes	Yes	782[kB]	213[kB]	76.6
Yes	Yes	772[kB]	255[kB]	79.1

【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 神 明夫
 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日
 本電信電話株式会社内

(72)発明者 森 岳至
 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日
 本電信電話株式会社内
 (72)発明者 千喜良 和明
 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日
 本電信電話株式会社内